

Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518–7554 print

ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet10803

<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 338.439.5:549/291:339/562(477)

## Analysis of the results of research into the mercury content in fish and seafood during import-export operations in Ukraine for 2019–2021

S. V. Shuliak<sup>1</sup>, O. M. Chechet<sup>1</sup>, O. S. Haidei<sup>1</sup>✉, Yu. V. Dobrozhan<sup>1</sup>, A. I. Kobysh<sup>1</sup>, N. V. Liniichuk<sup>1</sup>,  
O. V. Krushelnyska<sup>2</sup>, B. V. Gutyj<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Scientific and Research Institute of Laboratory Diagnostics and Veterinary and Sanitary Expertise, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

### Article info

Received 25.08.2022

Received in revised form

26.09.2022

Accepted 27.09.2022

State Scientific and Research  
Institute of Laboratory Diagnostics  
and Veterinary and Sanitary  
Expertise, Donetsk Str., 30,  
Kyiv, 03151, Ukraine.  
Tel.: +38-067-171-15-58  
E-mail: olga.gaidei@gmail.com

Stepan Gzhytskyi National  
University of Veterinary Medicine  
and Biotechnologies Lviv,  
Pekarska Str., 50, Lviv,  
79010, Ukraine.  
Tel.: +38-068-136-20-54  
E-mail: bvh@ukr.net

*Shuliak, S. V., Chechet, O. M., Haidei, O. S., Dobrozhan, Yu. V., Kobysh, A. I., Liniichuk, N. V., Krushelnyska, O. V., & Gutyj, B. V. (2022). Analysis of the results of research into the mercury content in fish and seafood during import-export operations in Ukraine for 2019–2021. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 24(108), 16–20. doi: 10.32718/nvlvet10803*

The article presents the results of research on the determination of mercury in fish muscles and seafood, conducted based on the State Research Institute for Laboratory Diagnostics and Veterinary-Sanitary Examination by the Atomic Absorption Spectrometry Laboratory as systematic research in the period from 2019 to 2021. Mercury content in fish muscles was determined by atomic absorption spectrometry with direct sample injection. The study was carried out using a Milestone DMA-80 atomic absorption spectrophotometer (Italy). Certified standard samples (MERK) of mercury ion solution composition with an accredited value of 1.0 mg/cm<sup>2</sup> were used to construct the calibration curves. The detection limits of mercury in fish and seafood are determined according to the validation data: the LOD detection limit is 0.1 µg/kg, and the LOQ detection limit is 5.0 µg/kg. During the studied period, research was carried out on 3368 samples of fish products: 2587 samples of sea fish, 161 samples of freshwater fish, 130 samples of other types of fish and seafood – 490 pieces, of which four examples of sea fish, namely fish of the tuna family, were found to exceed the maximum permissible level of mercury, which is 0.12% of the total number of studied samples. The mercury content in tuna muscles ranged from 0.356 to 1.889 mg/kg, 1.8 times higher than the MDR. It was found that the average mercury content in the muscles of freshwater fish was 0.006–0.315 mg/kg, which is significantly lower than the average mercury concentration in marine fish. The mercury concentration in the muscles of other types of fish and seafood was 0.008–0.472 mg/kg and did not exceed the regulated norms.

**Key words:** mercury, atomic absorption spectrometry, fish, seafood.

## Аналіз результатів досліджень вмісту ртуті у рибі та морепродуктах при імпортно-експортних операціях в Україні за період 2019–2021 рр.

С. В. Шуляк<sup>1</sup>, О. М. Чечет<sup>1</sup>, О. С. Гайдей<sup>1</sup>✉, Ю. В. Доброжан<sup>1</sup>, А. П. Кобиш<sup>1</sup>, Н. В. Лінійчук<sup>1</sup>,  
О. В. Крушельницька<sup>2</sup>, Б. В. Гутій<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

У статті наведені результати досліджень визначення ртуті у м'язах риби і морепродуктах, проведених на базі Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи лабораторією атомно-абсорбційної спектрометрії як рутинні дослідження в період з 2019 по 2021 роки. Вміст ртуті у м'язах риби визначали методом

атомно-абсорбційної спектрометрії з прямим введенням проби. Дослідження проводили за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра Milestone DMA-80 (Італія). Для побудови калібрувальних кривих використовували сертифіковані стандартні зразки (MERC) складу розчину іонів ртуті з атестованим значенням  $1,0 \text{ мкг/см}^2$ . Межі визначення ртуті у риби і морепродуктах визначаються відповідно до валідаційних даних: межа детектування LOD –  $0,1 \text{ мкг/кг}$ , межа виявлення LOQ –  $5,0 \text{ мкг/кг}$ . За вивчений період проведено дослідження 3368 зразків рибної продукції: морської риби 2587 зразків, 161 – прісноводної риби, 130 зразків інших видів риб та морепродуктів – 490 зразків, з яких в 4 зразках риби морської, а саме риби сімейства тунцевих було виявлено перевищення максимально допустимого рівня ртуті, що становить  $0,12 \%$  від загальної кількості досліджуваних зразків. Вміст ртуті у м'язах тунця коливався у межах  $0,356\text{--}1,889 \text{ мкг/кг}$ , що в 1,8 раза перевищує МДР. Встановлено, що вміст ртуті в м'язах прісноводних риб в середньому складав  $0,006\text{--}0,315 \text{ мкг/кг}$ , що значно менше, ніж середня концентрація ртуті в морській рибі. Концентрація ртуті в м'язах інших видів риб та морепродуктах перебувала в межах  $0,008\text{--}0,472 \text{ мкг/кг}$  і не перевищувала регламентованих норм.

**Ключові слова:** ртуть, атомно-абсорбційна спектрометрія, риба, морепродукти.

## Вступ

Відповідно до звіту EDF – ртуть високотоксичний важкий метал, який є глобальним токсикантом для навколишнього середовища і становить високу загрозу здоров'ю населення. Елементарна ртуть може викликати токсичні ураження центральної і периферичної нервової системи, порушувати роботу нервової, серцево-судинної, травної та імунної системи (Cizdziel et al., 2002; Voegborlo & Akagi, 2005; Nortje, 2010).

Дослідниками встановлено високу чутливість людини до ртуті в пренатальному періоді. Оскільки ртуть має виражену алергенну, ембріо- та гонадотоксичну дію та може проникати через плацентарний бар'єр, порушуючи ріст і розвиток плода, діти піддаються найбільшому ризику. Ртуть не має метаболічної функції в організмі людини, тому навіть незначні її концентрації можна розглядати як потенційно небезпечні. Джерела надходження ртуті різноманітні та основна частина – це викиди в атмосферне повітря в результаті роботи таких галузей промисловості, як хімічна, електронна, робота ТЕС та сільське господарство (ртутновмісні пестициди). Згідно з даними Комітету ФАО/ВООЗ – основним джерелом ртуті для контингентів, які не піддаються її промисловій дії, є продукти харчування. Поглинання її неорганічних сполук з їжі становить близько  $7 \%$  від загальної дози, що надходить в організм. Наявність ртуті у водних системах спричиняє її трофічний перехід і біоаккумуляцію в харчових ланцюгах. Тому риба, яка знаходиться на вершині харчового ланцюга, може накопичувати ртуть у високих концентраціях (особливо, в токсичній формі – метилртуті MeHg) (Shore, 2003; Smoliar & Petrashenko, 2008; Karimi et al., 2012; Wang, 2012).

Риба та молюски є важливими джерелами пісного білка та інших поживних речовин, включаючи незамінні омега-3 жирні кислоти, які є корисні для здоров'я (Smoliar & Petrashenko, 2008). Оскільки більшість людей зазнають впливу MeHg через споживання морепродуктів, важливо мати надійні методи оцінки концентрації ртуті в морепродуктах, щоб впевнено ідентифікувати продукти з високим вмістом ртуті, оцінювати вплив та ризики, які з цим пов'язані. Тому ВООЗ рекомендує проводити відповідні дослідження та вживати усіх можливих заходів для зниження рівнів метилртуті в продуктах харчування, особливо у риби. Це дозволять споживачам приймати рішення щодо видів та кількості морепродуктів, які є безпеч-

ними для вживання та корисними з точки зору харчування (Balshaw et al., 2007; Bosch et al., 2016; Zupo et al., 2019; Annibaldi et al., 2019; Piras et al., 2020).

В Україні вміст ртуті у риби та морепродуктах регламентується Наказом МОЗ № 368. Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм “Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах” від 04.02.2021р.

## Мета дослідження

Метою роботи було провести порівняльний аналіз результатів визначення ртуті у зразках риби і морепродуктів у період з 2019 по 2021 рік.

## Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено на базі лабораторії атомно-абсорбційної спектрометрії науково-дослідного хіміко-токсикологічного відділу Державного науково-дослідного інституту з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи.

Для дослідження застосовували методику, розроблену на основі ISO 11212–2:1997 (E) Part. Межі визначення ртуті у риби і морепродуктах визначаються відповідно до валідаційних даних: межа детектування LOD –  $0,1 \text{ мкг/кг}$ , межа виявлення LOQ –  $5,0 \text{ мкг/кг}$ .

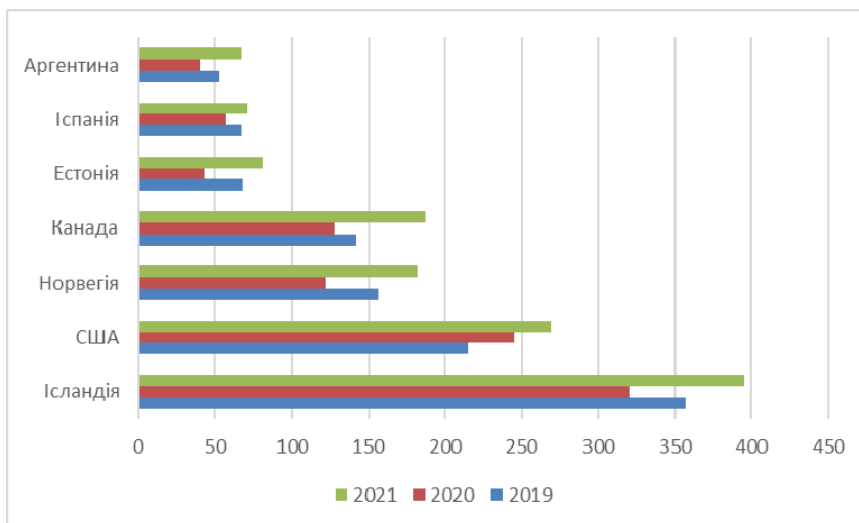
Дослідження проводили за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра Milestone DMA-80 (Італія). Для побудови калібрувальних кривих використовували сертифіковані стандартні зразки (MERC) складу розчину іонів ртуті з атестованим значенням  $1,0 \text{ мкг/см}^2$ . Для контролю якості досліджень використовували референт матеріал “Борошно рибне №7/25/2” із сертифікованим вмістом ртуті  $0,044 \text{ мкг/кг}$ . Середня проба відбиралася методом квартування, гомогенізувалась, надалі відповідна наважка вводилась безпосередньо в прилад – метод прямого введення проби.

## Результати та їх обговорення

Зразки риби і морепродуктів надходили на територію України при імпорті із різних країн та аналізувалися на вміст ртуті для підтвердження відповідності вимогам Наказу МОЗ № 368 Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм “Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах”, який регламентує максимально допустимі рівні для ртуті (табл. 1). Найбільший відсо-

ток імпортованої рибної продукції надходив із Ісландії (31,85 %), США (21,64 %), Норвегії (13,65 %), Канади (13,56 %), значно менше постачали Естонія (5,7 %), Іспанія (5,78 %), Аргентина (4,75) (рис. 1).

Прісноводна риба надходила із рибогосподарств України для контролю відповідності показникам безпечності, в тому числі ртуті.



**Рис. 1.** Кількість досліджених зразків при імпортуванні риби і морепродуктів на територію України в період з 2019 по 2021 рік

**Таблиця 1**

Максимально допустимі рівні ртуті у рибі та рибопродуктах

№ п/п	Харчові продукти	Ртуть	
		Максимально допустимі рівні (мг/кг)	Довідкова інформація
1)	Рибопродукти і філе (м'язове м'ясо) риби за винятком видів, зазначених в підпункті 2 пункту 3 цього розділу. Максимально допустимий рівень для ракоподібних застосовується до м'яса з кінцівок та шийки (черевця). Для крабів і крабоподібних ракоподібних ( <i>Brachyura</i> та <i>Anomura</i> ) максимально допустимий рівень застосовується до м'яса з кінцівок	0,50	Якщо риба призначена для споживання цілком, максимально допустимий рівень застосовується до цільної риби. М'ясо кінцівок та черевця ракоподібних (виключає голову та грудний відділ ракоподібних). Для крабів та крабоподібних ракоподібних ( <i>Brachyura</i> та <i>Anomura</i> ) максимально допустимі рівні застосовуються до м'яса з кінцівок.
2)	Філе (м'язове м'ясо) таких видів риб: Вудильник ( <i>Lophus species</i> ) Смугаста зубатка ( <i>Ananrhichas lupus</i> ) Атлантична пеламида ( <i>Sarda sarda</i> ) Вугор ( <i>Anguilla species</i> ) Летрін, хошлостет, рожевий пілобрюх ( <i>Hoplostethus species</i> ) Тупорилий макрурус ( <i>Coryphaenoides ruspestris</i> ) Палтус ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ) Кінгкліп ( <i>Genypterus capensis</i> ) Змієподібна скумбрія або масляна риба ( <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> ) Осетер ( <i>Acipenser species</i> ) Меч-риба ( <i>Xiphias gladius</i> ) Тунець ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> )	1,0	Якщо риба призначена для споживання цілком, максимально допустимий рівень застосовується до цільної риби.

За період з 2019 по 2021 рік дослідженню на вміст ртуті були піддані 3368 зразків рибної продукції, з яких 2587 зразків морської, прісноводної риби та морепродуктів – 490 зразків (табл. 2). Найбільший

відсоток досліджень складав: оселедцевих – 38,03 % та скумбрієподібних видів риб – 32,09%, прісноводної риби – 4,78 %, лососевих та інших видів риб – по 3,8 %, тунцевих – 2,7 % та морепродуктів – 14,55 %.

Таблиця 2

Статистичний аналіз кількості проведених досліджень на вміст ртуті у рибі та морепродуктах та кількості позитивних результатів за 2019–2021 рр.

Досліджуваний матеріал	2019 рік		2020 рік		2021 рік	
	Загальна кількість досліджень	Загальна кількість досліджень	Загальна кількість досліджень	Кількість позитивних	Загальна кількість досліджень	Кількість позитивних результатів
Скумбрієподібні	350	0	315	0	416	0
Тунцеві	35	2	27	2	30	0
Оседдцеві	438	0	387	0	456	0
Лососеві	60	0	25	0	48	0
Прісноводна риба	42	0	52	0	67	0
Інші види риб	51	0	25	0	54	0
Морепродукти	182	0	127	0	181	0
Всього	1158	2	958	2	1252	0

Примітка: \* – дані отримані з 04.01.19 по 31.12.2021 р.

В результаті проведених досліджень встановлено, що вміст ртуті в морській рибі становив від 0,005 до 0,456 мг/кг. Разом з тим в 4 зразках риби сімейства тунцевих було виявлено перевищення максимально допустимих рівнів для даного виду риби у 1,8 раза і складало в середньому 1,745 мг/кг. Це може бути обумовлено здатністю водних організмів перетворювати  $Hg^{+2}$  на  $Hg^0$ , де ключову роль відіграють мікроорганізми штамів *Esherichia coli*, *Pseudomonas aeruginose* та *Staphylococcus aureus*. За даними дослідників, активний механізм накопичення і розподілу ртуті в тканинах тунцевих риб пов'язаний із сульфгідрильними групами білків та різним складом ліпідів в темній і світлій м'язовій тканині.

Аналіз результатів досліджень прісноводної риби показав, що середній вміст ртуті складав 0,006–0,315 мг/кг та перебував у межах регламентованих законодавством норм. Результати досліджень морепродуктів на вміст ртуті відповідали регламентованим вимогам і становили від 0,008 до 0,472 мг/кг.

### Висновки

Дослідження вмісту ртуті в м'язах риби і морепродуктах як показник безпечності продуктів харчування є важливою складовою гарантування продовольчої безпеки України. Встановлено перевищення максимально допустимих рівнів ртуті в 4 зразках риби сімейства тунцевих, що складає 0,12 % від загальної кількості дослідженої продукції за період з 2019 по 2021 рік. Результати проведеної роботи загалом підтверджують зростаючу необхідність моніторингу вмісту ртуті в продукції, яка надходить із-за кордону, та рибопродукції власного виробництва, враховуючи її згубний вплив на здоров'я людей та її значення як індикатору забруднення екосистеми. Регулярний аналіз та узагальнення отриманих результатів досліджень дає можливість прослідкувати найбільш вірогідні шляхи потрапляння ртуті у раціон людей, а також прогнозувати наявність ртуті у перероблених продуктах харчування.

### Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

### References

- Annibaldi, A., Truzzi, C., Carnevali, O., Pignalosa, P., Api, M., Scarponi, G., & Illuminati, S. (2019). Determination of Hg in Farmed and Wild Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus* L.) Muscle. *Molecules*, 24(7), 1273. DOI: 10.3390/molecules24071273.
- Balshaw, S., Edwards, J., Daughtry B., & Ross K. (2007). Mercury in seafood: mechanisms of accumulation and consequences for consumer health. *Rev Environ Health*, 22(2), 91–113. DOI: 10.1515/reveh.2007.22.2.91.
- Bosch, A. C., O'Neill, B., Sigge, G. O., Kerwath, S. E., & Hoffman, L. C. (2016). Mercury accumulation in Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) with regards to muscle type, muscle position and fish size. *Food Chem.*, 190, 351–356. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.05.109.
- Cizdziel, J. V., Hinners, T. A., & Heithmar, E. M. (2002). Determination of Total Mercury in Fish Tissues using Combustion Atomic Absorption Spectrometry with Gold Amalgamation. *Water, Air, & Soil Pollution* 135, 355–370. DOI: 10.1023/A:1014798012212.
- ISO 11212–2:1997 (E) Part 2 Determination of mercury content by atomic absorption spectrometry.
- Karimi, R., Fitzgerald, T. P., & Fisher, N. S. (2012). A Quantitative Synthesis of Mercury in Commercial Seafood and Implications for Exposure in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 120(11), 1512–1519. DOI: 10.1289/ehp.1205122.
- Nortje, J. (2010). Determination of Total Mercury in Fish and Biological Tissue Using a Direct Mercury Analyzer. *American Laboratory*, 42(5), 36–37. URL: <https://www.americanlaboratory.com/914-Application-Notes/502-Determination-of-Total-Mercury-in-Fish-and-Biological-Tissue-Using-a-Direct-Mercury-Analyzer>.
- Piras, P., Bella, A., Cossu, M., Fiori, G., Sanna, A., & Chessa, G. (2020). A representative sampling of tuna muscle for mercury control. *Ital J Food Saf*, 9(4), 9055. DOI: 10.4081/ijfs.2020.9055.

- Shore, M. (2003). Out of Control and Close to Home. Mercury pollution from power plants. Environmental Defense. URL: [http://www.edf.org/sites/default/files/3370\\_mercuryPowerPlants.pdf?\\_gl=1\\*1nxp52n\\*\\_ga\\*NDQ2MzQ4ODgzLjE2NT EwODI5MjY.\\*\\_ga\\_2B3856Y9QW\\*MTY1MTA4MjkyNy4xLjEuMTY1MTA4Mjk2OC4xOQ.\\*\\_ga\\_WE3BPRQK W0\\*MTY1MTA4MjkyNy4xLjEuMTY1MTA4Mjk2OC4xOQ.\\*\\_ga\\_Q5CTTQBJD8\\*MTY1MTA4MjkyNy4xLjEu MTY1MTA4Mjk2OC4xOQ](http://www.edf.org/sites/default/files/3370_mercuryPowerPlants.pdf?_gl=1*1nxp52n*_ga*NDQ2MzQ4ODgzLjE2NT EwODI5MjY.*_ga_2B3856Y9QW*MTY1MTA4MjkyNy4xLjEuMTY1MTA4Mjk2OC4xOQ.*_ga_WE3BPRQK W0*MTY1MTA4MjkyNy4xLjEuMTY1MTA4Mjk2OC4xOQ.*_ga_Q5CTTQBJD8*MTY1MTA4MjkyNy4xLjEu MTY1MTA4Mjk2OC4xOQ).
- Smoliar, V. I., & Petrashenko, H. I. (2008). Rtut u kharchovykh produktakh i ratsionakh ta yii toksychnist. Problemy kharchuvannia, 3-4, 23–31. URL: [http://medved.kiev.ua/web\\_journals/arhiv/nutrition/2008/3-4\\_08/str23.pdf](http://medved.kiev.ua/web_journals/arhiv/nutrition/2008/3-4_08/str23.pdf) (in Ukrainian).
- Smoliar, V. I., & Petrashenko, H. I. (2008). Rtut u kharchovykh produktakh i ratsionakh ta yii toksychnist. Problemy kharchuvannia, 3-4, 23–31. URL: [http://medved.kiev.ua/web\\_journals/arhiv/nutrition/2008/3-4\\_08/str23.pdf](http://medved.kiev.ua/web_journals/arhiv/nutrition/2008/3-4_08/str23.pdf) (in Ukrainian).
- Voegborlo, R. B., & Akagi, H. (2005). Determination of mercury in fish by cold vapour atomic absorption spectrometry using an automatic mercury analyzer. Food Chemistry, 100(2), 853–858. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.09.025.
- Wang, W. X. (2012). Biodynamic understanding of mercury accumulation in marine and freshwater fish. Advances in environmental research, 1(1), 15–35. DOI: 10.12989/aer.2012.1.1.015.
- Zupo, V., Graber, G., Kamel, S., Plichta, V., Granitzer, S., Gundacker, C., & Wittmann, K. J. (2019). Mercury accumulation in freshwater and marine fish from the wild and from aquaculture ponds. Environmental Pollution, 255(1), 112975. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.112975.